

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Основы сварочного производства»

Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности 240801 – сост. к.т.н., специалист сварочного производства III уровня, Кугрышева Л.И., ст. преподаватель Воробьева А.Л. – Невинномыск.

Оглавление

- Введение
- 1 Теоретическая часть
 - 1.1 Сварные швы и соединения
 - 1.2 Условные изображения и обозначения швов сварных стандартных соединений
 - 1.3 Условное обозначение нестандартного шва
 - 1.4 Основные принципы расчёта сварных конструкций
 - 1.5 Примеры условных обозначений сварных соединений
- 2 Задачи
- 3 Вопросы к практическому занятию
- 4 Список рекомендуемой литературы

ВВЕДЕНИЕ

Современные требования к промышленному оборудованию ставят перед проектировщиками требования обеспечения необходимой прочности и жёсткости элементов машин и аппаратов при одновременном снижении затрат материалов и труда на их изготовление

Инженер-сварщик должен применять общеинженерные задачи для решения конкретных технических задач, одной из которых является проектирование сварных соединений.

Целью данного практического занятия является изучение студентами и получение знаний по правильному выбору способа сварки в зависимости от соединяемых металлов, режимов сварки, вида и типа сварного соединения. Кроме того, студент изучает правила выполнения сварных соединений в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД при разработке сборочных чертежей.

Изучение темы практического занятия связано с ранее изучаемыми дисциплинами «Физика», «Химия», «Детали машин», «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Сварные конструкции».

1 Теоретическая часть

1.1 Сварные швы и соединения

Сварка представляет собой процесс образования неразъёмного соединения деталей путём наплавления металла, образующего в местах соединения сварной шов.

В зависимости от образования сварного соединения различают сварку плавлением и сварку давлением. При сварке плавлением поверхности кромок свариваемых деталей плавятся одновременно с присадочным материалом, вводимым в зону плавления. В результате образуется прочный сварной шов.

Сварка давлением осуществляется специальными машинами, ручными или автоматическими, с помощью которых на предварительно нагретые поверхности деталей оказывается давление, достаточное для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей.

Сварку деталей плавлением можно осуществлять:

- газовой сваркой, при которой газ (например, ацетилен), сгорая в атмосфере кислорода, образует пламя, расплавляющее металл; в зону плавления вводится присадочный материал, образующий при остывании сварной шов; такого рода сварку используют при соединении тонкостенных и трубчатых элементов арматуры из цветных металлов, чугуна и пластмассы;
- электродуговой сваркой, которая может быть выполнена:
 - a) плавящимся электродом (только для металла); в этом случае источником тепловой энергии является электрическая дуга. Сварка выполняется вручную или автоматически под слоем флюса с помощью сварочного автомата; производительность автоматической сварки во много раз выше ручной.
 - b) неплавящимся электродом (угольным или вольфрамовым) с применением в зоне плавления присадочного материала, образующего сварной шов.

К сварке давлением относят следующие виды сварки: электроконтактную, газопрессовую, холодную и сварку трением. Наиболее часто используемой является электроконтактная сварка, к которой относят:

- стыковую, при которой соединение свариваемых частей происходит по поверхности стыкуемых торцов; при этом виде сварки детали закрепляют в сварочной машине в зажимах, через которые подаётся ток (до 50000 А), нагревающий место контакта до требуемой температуры; после разогрева детали сдавливаются в осевом направлении и свариваются;
- точечную, производимую при зажиме деталей между двумя электродами, один из которых (нижний) является неподвижным, а верхний перемещается механизмом сжатия, создавая давление при сварке; после нагрева в месте контакта образуется ядро из расплавленного металла, за счёт которого при действии усилия сжатия осуществляется сварка; точечная сварка допускает соединение листов общей толщиной до 36 мм;
- роликовую (шовную), осуществляемую с помощью двух вращающихся роликов, между которыми зажимаются свариваемые детали; через ролики (электроды) подаётся ток для нагрева деталей, после чего нагретый металл осаждается и происходит соединение свариваемых частей.

Сварным соединением называют участок конструкции, в котором отдельные её элементы соединены путём местного сплавления или совместного пластического деформирования материала этих элементов по их примыкающим поверхностям, в результате чего возникает прочное сцепление металлов, основанное на межатомном взаимодействии. В сварное соединение входят сварной шов, зона термического влияния и примыкающие к ней участки основного металла.

Сварной шов – это участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации металла сварочной ванны.







Зоной термического влияния называют участок не подвергавшегося расплавлению основного металла, структура и свойства которого изменяются в ре-









зультате нагрева и пластической деформации при сварке.


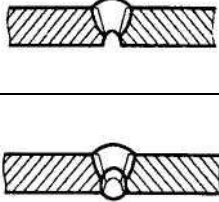


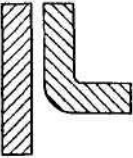
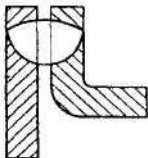
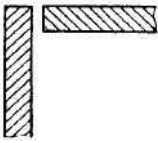
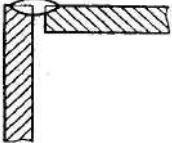
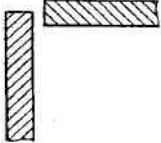
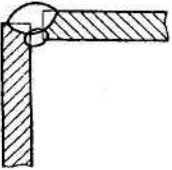
Различают следующие типы сварных соединений: «С» - стыковые, «У» - угловые, «Т» - тавровые, «Н» - нахлесточные и «О» - (особые) нестандартные. Буквенное обозначение сварного соединения сопровождается цифрой (С1, У3, Т7, Н4 и т. д.), характеризующей совокупность всех конструктивных особенностей шва, например, шов выполнен без скоса кромок, со скосом одной кромки, с двумя скосами одной кромки, односторонний или двусторонний.

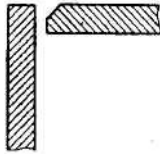
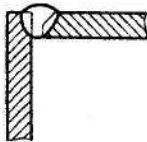
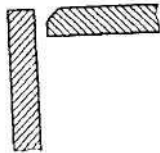
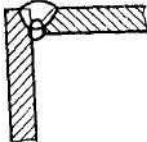
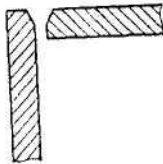
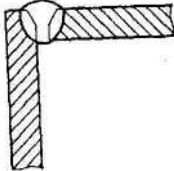
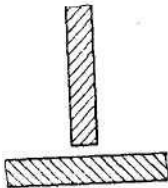
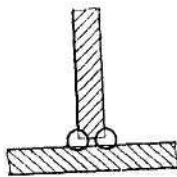
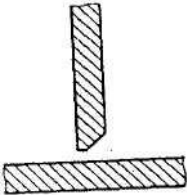
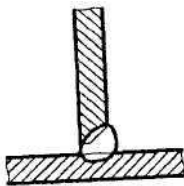
В стыковых соединениях свариваемые элементы располагаются в одной плоскости или на одной поверхности. Стыковые соединения, как правило, выполняют непрерывными швами. При сварке двух заготовок разной толщины рекомендуется на более толстой заготовке выполнить скос для выравнивания толщин. Форма разделки кромок в зависимости от вида сварки и толщины заготовки указана в таблице 1.

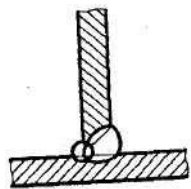
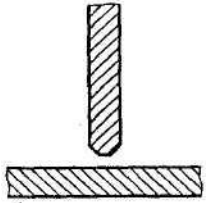
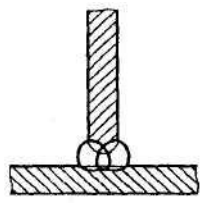
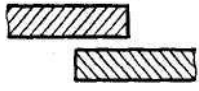
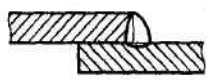
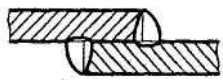
Таблица 1 – Основные типы соединений, формы подготовленных кромок, форма поперечного сечения и условные обозначения соединений при ручной дуговой сварке

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
Стыковое	Без скоса кромок	Односторонний			1 – 4	С2
		Двусторонний			2 – 5	С7
	Без скоса кромок с помощью следующим строганием	Двусторонний			6 – 12	С42

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
	Со скосом одной кромки	Односторонний			3 – 60	C8
		Двухсторонний				C12
	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8 – 100	C15
					12 – 100	C43
	Со скосом кромок	Односторонний			3 – 60	C17

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
	Со скосом кромок с последующим строганием	Двухсторонний			8 – 40	С45
	С двумя симметричными скосами кромок	Двухсторонний				
Угловое соединение	С отбортовкой одной кромки	Односторонний			1 – 4	У1
	Без скоса кромок					
	Без скоса кромок	Двухсторонний			2 – 8	У5

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
	Со скосом одной кромки	Односторонний			3 – 60	У6
		Двухсторонний				У7
	Со скосом кромок	Односторонний			3 – 60	У9
Тавровое	Без скоса кромок	Двухсторонний			2 – 40	Т3
	Со скосом одной кромки	Односторонний			3 – 60	Т6

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характеристика сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых	Условное обозначение
			подготовленных кромок	сварного шва		
1	2	3	4	5	6	7
	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8 – 100	T7
		Двухсторонний				T8
Нахлесточное	Без скоса кромок	Односторонний			2 – 60	H1
		Двухсторонний				H2

Стыковые соединения являются наиболее распространённым видом сварных соединений ответственных конструкций, таких, например, как сосуды, аппараты, трубопроводы и другие аналогичные конструкции. Они широко применяются в конструкциях, где нужно выполнить требования прочности и плотности.

По расположению сварных швов стыковые соединения могут быть односторонние и двухсторонние. Так как в стыковых соединениях важнейшим тре-

бованием к их исполнению является обеспечение полного провара, то двусторонние соединения, в особенности на больших толщинах металла, являются предпочтительными. Однако при сварке некоторых конструкций, например, трубопроводов, невозможно осуществить двухсторонний подход к стыку, поэтому в этом случае проектируется одностороннее стыковое соединение. Односторонние соединения применяются также в том случае, если толщина свариваемых элементов невелика и используется ток небольшой плотности (сварка под флюсом) с приспособлениями, обеспечивающими полный провар соединения (флюсовые подушки, подкладки и др.).

Различные требования к подготовке свариваемых кромок предъявляются в зависимости от толщины свариваемых элементов. Например, соединение с отбортовкой кромок используют только при малых толщинах свариваемых элементов. То же можно сказать и про соединения, свариваемые без скоса кромок. Соединения с двумя симметричными или несимметричными скосами кромок применяются при сварке элементов большой толщины.

Угловым соединением называется сварное соединение двух элементов, расположенных под прямым углом друг к другу и сваренных в месте примыкания их краёв. Угловое соединение не является таким распространённым, как стыковое, однако тоже находит применение в прочно-плотных соединениях. Угловые соединения выполняют как односторонними, так и двусторонними швами. Соединения односторонними швами не рекомендуются для изделий, работающих в условиях знакопеременных и ударных нагрузок.

В тавровых соединениях к боковой поверхности одного элемента примыкает под углом и приварен торцом другой элемент. В некоторых случаях примыкающих элементов – два, и тавровое соединение приобретает крестообразное сечение. Тавровые соединения классифицируются по расположению швов на односторонние и двухсторонние, причём последние применяются в качестве основных при изготовлении сварных двутавровых балок, колонн и других стержневых конструкций. В зависимости от толщины свариваемого металла и назначения конструкций тавровые соединения выполняются с разделкой и без разделки кромок, в свою очередь разделка может быть как двухсторонней, так и

односторонней. Швы тавровых соединений могут быть сплошные и прерывистые (приварка рёбер жёсткости, например).

Нахлесточные соединения образуются при наложении плоской поверхности одного элемента на плоскую поверхность другого. Швы накладываются с торцов элементов (лобовые швы) или с боковых сторон (фланцевые швы). Величина нахлестки (перекрытия) должна составлять не менее пяти толщин наиболее тонкой из свариваемых заготовок. По расположению сварных Швов они могут быть односторонние и двухсторонние, по виду сварных швов – сплошные и прерывистые. Часто при проектировании сварных конструкций прерывистые и сплошные швы предусматриваются в двухсторонних нахлесточных соединениях, при этом лицевой шов выполняется сплошным, а изнаночный – прерывистым.

Сварные швы могут быть:

- сплошными и прерывистыми; прерывистые швы характеризуются длиной провариваемых участков, расположенных с определённым шагом; двусторонние прерывистые швы выполняются с цепным или шахматным расположением привариваемых участков;
- усиленными, имеющими выпуклость, которая определяется величиной g ; некоторые типы швов (отдельные типы тавровых, нахлесточных и угловых соединений) характеризуются величиной катета K . В сечении такие швы имеют вид равно бедренного прямоугольного треугольника (рисунок 1).

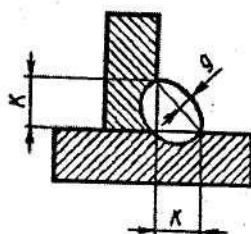


Рисунок 1 – Выпуклость и катет шва

В особую группу следует выделить сварные соединения пластмассовых конструкций, которые достаточно широко применяются в конструкциях раз-

личного назначения, особенно в трубопроводах. При изготовлении конструкций из пластмасс используют следующие способы сварки: прутковую горячим воздухом, ультразвуковую и контактную с нагревательным элементом. Прутковая сварка может образовывать стыковые, нахлесточные, тавровые и раструбные соединения, ультразвуковая – нахлесточные, а контактная – стыковые и раструбные. Применяемые пластмассы разнообразны и для каждой имеется своя область применения. Например, из винипласта изготавливаются различного рода ёмкости для хранения агрессивных продуктов, вентиляционные воздуховоды и камеры, из полиэтилена – трубопроводы различного назначения.

1.2 Условные изображения и обозначения швов сварных стандартных соединений

В соответствии с ГОСТ 2.312 швы сварных соединений всех типов обозначают сплошной основной (видимые) и штриховой (невидимые) линиями. Видимую одиночную сварную точку (независимо от способа сварки) условно изображают знаком «+» (рисунок 2, а), который выполняют сплошной основной линией, невидимые одиночные точки не изображают. От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску с односторонней стрелкой и горизонтальной линией-полкой. Условное изображение шва наносят на полке линии-выноски, проведённой от изображения шва с лицевой стороны (рисунок 2, б), и под полкой линии-выноски, проведённой от изображения шва с оборотной стороны (рисунок 2, в).

Каждый стандартный шов имеет буквенно-цифровое обозначение, полностью определяющее конструктивные элементы шва. На рисунке 3 показана структура условного обозначения шва. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице 2, а государственные стандарты на основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений – в таблице 3. Обозначение стандарта можно выносить в технические условия на чертеже. Ручная дуговая сварка буквенного обозначения не имеет. Вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями, их высота одинакова с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

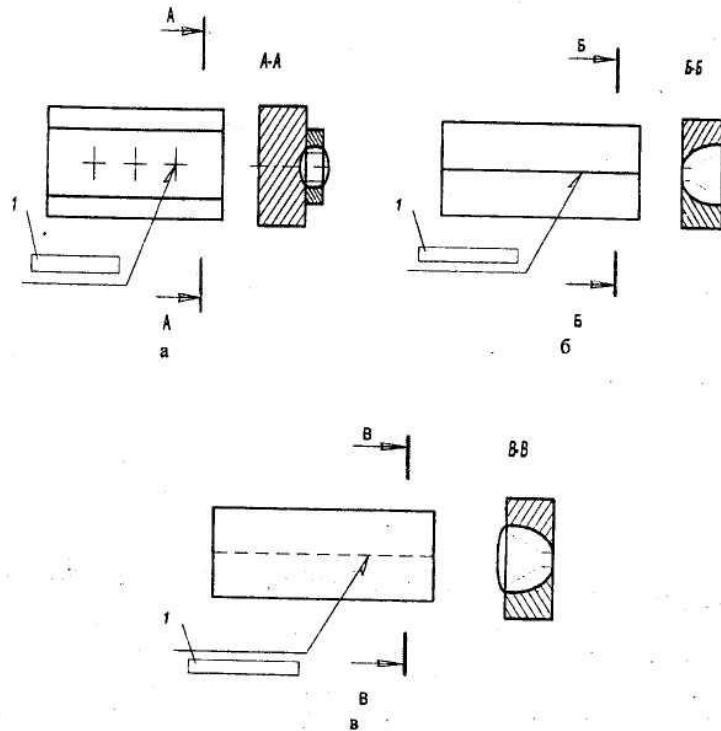


Рисунок 2 - Условные изображения видимых и невидимых швов сварных соединений:

а – видимый электрозаклёпочный; б – видимый стыковой односторонний;
 в – невидимый стыковой односторонний; 1 – условное обозначение шва по государственному стандарту

Государственный стандарт на шов не указывается в том случае, когда на чертеже имеются другие такие же швы, выполненные по этому же стандарту. Тогда номер государственного стандарта указывается в технических требованиях: *Швы сварных соединений по ГОСТ...* или делается указание в таблице швов, расположенной на чертеже.

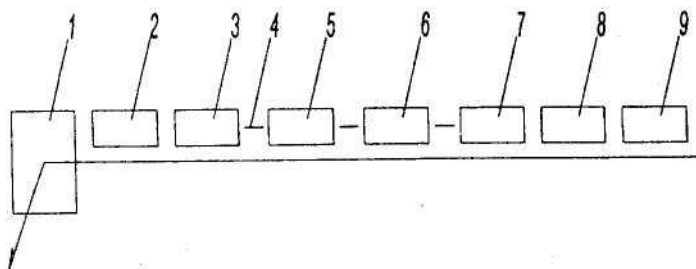


Рисунок 3 – Структура условного обозначения стандартного шва: 1 – вспомогательные знаки (см. таблицу 2, порядковые номера 3, 6), 2 –

обозначение стандарта, 3 – буквенно-цифровое обозначение шва согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, 4 – знак «дефис», 5 – условное обозначение способа сварки (допускается не указывать), 6 – знак и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, 7 – другие характеристики шва (длина провариваемого участка, размер шага, размеры отдельных точек и др.), 8 – вспомогательные знаки (см. таблицу 2, порядковые номера 1, 2, 4, 5 и 7), 9 – шероховатость поверхности шва

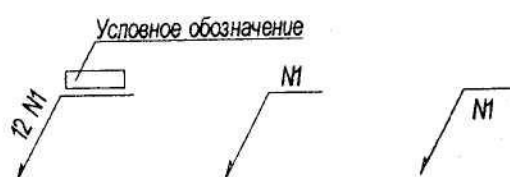


Рисунок 4 – Обозначение на чертеже одинаковых швов (цифрой 12 указано количество одинаковых швов)

Выполнение таблицы швов не регламентируется государственным стандартом, так как её содержание может быть различным из-за специфики отрасли и изделия. В таблице нельзя повторять то, что указано на изображении, в технических требованиях чертежа, в спецификации изделия и т. д.

Если выполненные швы одинаковы, им присваивают один и тот же номер, который наносят на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва, сопровождая номер шва указанием количества одинаковых швов. Над (под) линиями-выносками ставят порядковый номер шва, например № 1 (рисунок 4). От изображений остальных одинаковых с ним швов проводят линии-выноски, указывая порядковый номер шва на полке линии-выноски, с лицевой стороны шва, под полкой линии-выноски, с оборотной стороны шва. На линии-выноске, имеющей полку с нанесённым обозначением, допускается указывать количество одинаковых швов. Швы считаются одинаковыми, если одинаковы их тип и размеры конструктивных элементов, а также одинаковы предъявляемые к ним технические требования.

Сварочные материалы указывают в технических требованиях или таблице швов. Например, при сварке деталей из стали 12Х18Н10Т в технических требованиях делают запись: *Сварку по ГОСТ 11534-75 выполнить электродом Э-04Х20Н9 ОСТ 6-291-79*. Допускается не указывать сварочные материалы в том случае, когда при использовании любых пригодных для сварки материалов обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к сварному соединению.

Согласно ГОСТ 2.312-72 границы швов в поперечном сечении изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок деталей в границах шва – сплошными тонкими линиями. Но так как условное обозначение стандартного шва содержит полные сведения о нём, то подготовку кромок, зазор между ними и контур шва на поперечном сечении не показывают. Штриховка свариваемых деталей наносится в разных направлениях.

Способы сварки имеют следующие обозначения: Э – электродуговая, Г – газовая, Ш – электрошлаковая, И – в инертных газах, Уз – ультразвуковая, Тр – трением, Х – холодная, Дф – диффузионная, К – контактная, Эл – электронно-лучевая, Лз – лазерная, Вз – взрывом, Пз – плазменная, У – в углекислом газе.

Механизацию процесса сварки определяют индексом перед обозначением способа сварки: Р – ручная, А – автоматическая, П – полуавтоматическая (механизированная). Таким образом, РЭ обозначает ручную электродуговую сварку, АИ – автоматизированную в инертном газе (например, аргоне), ПУ – механизированную в углекислом газе.

Существуют также условные обозначения для технологических приёмов, используемых в процессе сварки. Для автоматической сварки приняты следующие обозначения: А – автоматическая сварка под флюсом без применения подкладок и подушек и подварочного шва (на весу), Аф – автоматическая сварка под флюсом на флюсовой подушке, Ам – автоматическая сварка под флюсом на флюсо-медной подушке, Ас – автоматическая сварка под флюсом на стальной подкладке, Апш – автоматическая сварка под флюсом с предварительным наложением подварочного шва, Апк – автоматическая сварка под флюсом с предварительной подваркой корня шва.

Для полуавтоматической сварки используют те же обозначения, но с буквой П.

ИН – сварка в инертных газах вольфрамовым электродом без присадочного материала.

ИНп – то же, но с присадочным материалом.


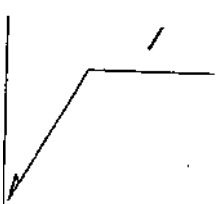

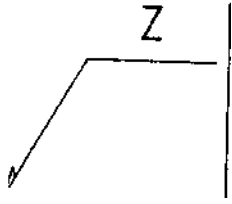
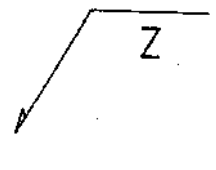

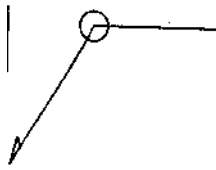
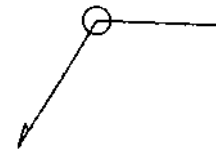

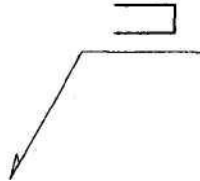
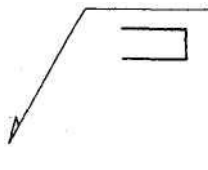
ИП – сварка в инертных газах плавящимся электродом.

УП – сварка в углекислом газе плавящимся электродом.

Для контактной сварки применяют следующие обозначения: Кт – точечная, Кр – роликовая, Кс – стыковая, Ксс – стыковая сопротивлением, Ксо – стыковая оплавлением.

Таблица 2 - Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

№ п/п	Вспомогательный знак	Значения вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака	
			с лицевой стороны	с оборотной стороны
1		Усиление шва снять		
2		Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
3		Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		

№ п/п	Вспомогательный знак	Значения вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака	
			с лицевой стороны	с оборотной стороны
4		Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии равен 60°		
5	Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
6		Шов по замкнутому контуру. Диаметр знака – 3 – 5 мм		
7		Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно на чертеже		

Примечание: 1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают ту, с которой выполняют сварку. 2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают ту, с которой выполняют сварку основного шва. 3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Таблица 3 – Государственные стандарты на основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений

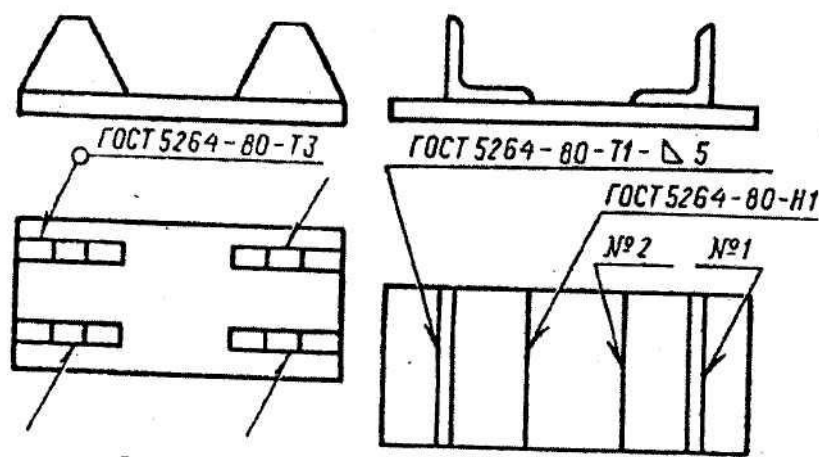
ГОСТ	Способ сварки	Тип соединения	Условное обозначение шва
5264-80	Ручная дуговая	Стыковое	C1...C25
		Угловое	У1..У10
		Тавровое	T1...T11
		Нахлесточное	H1...H3
11534-75	То же (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1...У8
		Тавровое	T1...T8
14771-76	Дуговая в защитных газах	Стыковое	C1...C28
		Угловое	У1...У10
		Тавровое	T1...T10
		Нахлесточное	H1;H2
23518-79	То же (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1...У10
		Тавровое	T1...T9
8713-79	Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом	Стыковое	C1...C34
		Угловое	У1...У10
		Тавровое	T1...T13
		Нахлесточное	H1...H6
11533-75	То же (под острыми и тупыми углами)	Угловое	У1...У6
		Тавровое	T1...T9
14806-80	Дуговая алюминия и алюминиевых сплавов (толщина элементов – 0,8 – 60 мм)	Стыковое	C1...C27
		Угловое	У1...У14
		Тавровое	T1...T12
		Нахлесточное	H1...H5
16098-80	Дуговая и электрошлаковая двухслойной коррозионностойкой стали	Стыковое	C1...C22
		Угловое	У1...У11
		Тавровое	T1...T6
15164-78	Электрошлаковая	Стыковое	C1...C3
		Угловое	У1...У4
		Тавровое	T1...T3
14776-79	Дуговая электрозащипками под флюсом, в углекислом газе и аргоне	Нахлесточное	H1...H6

Кроме перечисленных стандартов, имеется целый ряд стандартов, касающихся сравнительно редко встречающихся соединений (сварные соединения, выполняемые контактной электросваркой и т. д.). Все приведённые выше стандарты устанавливают основные типы сварных соединений. В них рассмотрены

характеристики и взаимосвязь вида соединения, формы подготовки кромок, формы поперечного сечения кромок и шва, пределы толщин свариваемых деталей, а также условные обозначения способа сварки и шва сварного соединения.

В обозначении сварных швов допускается делать следующие упрощения:

- если швы сварного соединения выполняют по одному и тому же стандарту, номер ГОСТа указывают в технических требованиях чертежа или таблице швов записью по типу: *Сварные швы ...по...*;
- не присваивают порядковые номера одинаковым швам, изображённым на чертеже с одной стороны (лицевой или оборотной), и отмечают их линиями-выносками без полки (рисунок 5);
- линиями-выносками отмечают и обозначают швы лишь на одной из симметричных частей изделия при наличии на нём оси симметрии;
- одинаковые швы одинаковых составных частей изделия отмечают линиями-выносками и наносят их обозначение у одного из изображений (рисунок 6);
- на чертеже не отмечают швы линиями-выносками, ограничившись указаниями по сварке в технических требованиях, если эта запись однозначно определяет место сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении, а также расположение швов;
- одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз – в технических требованиях или таблице швов.



1.3 Условное обозначение нестандартного шва

Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартом не установлены (нестандартный шов), изображают в поперечном сечении с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения этого шва (рисунок 7).

На рисунке 8 приведён пример нестандартного шва без скоса кромок, одностороннего, выполненного электродуговой сваркой при монтаже изделия. Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки приведена на рисунке 9. В технических требованиях указывают: *Сварка ручная дуговая*.

Согласно ГОСТ 2.312-72 сварные швы, выполняемые газовой сваркой, следует изображать и обозначать как нестандартные.

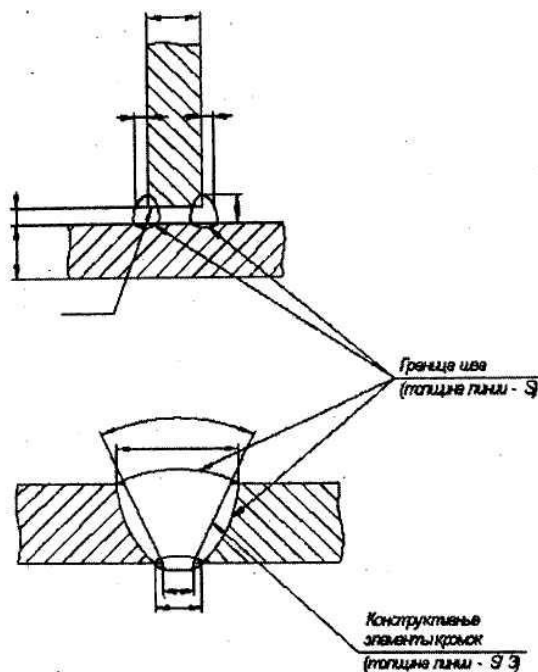


Рисунок 7 - Конструктивные элементы нестандартного шва

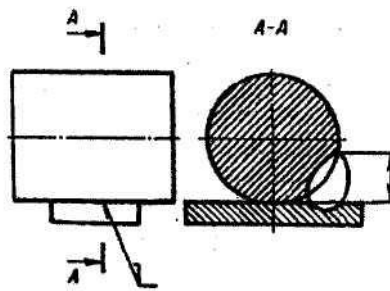


Рисунок 8 - Пример нестандартного шва

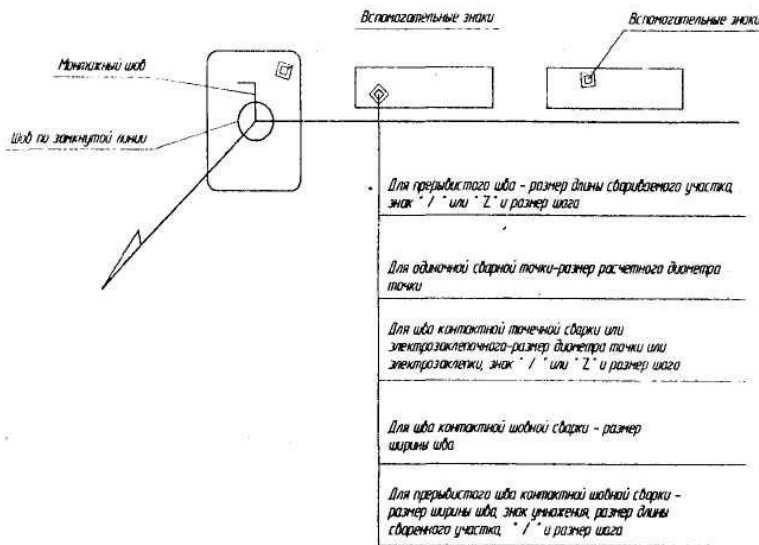


Рисунок 9 - Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки

1.4 Основные принципы расчета сварных конструкций

Под прочностью сварных соединений понимается их способность сопротивляться разрушению или необратимому изменению формы (пластической деформации) при воздействии внешних нагрузок. Прочность сварных соединений зависит от многих факторов, в первую очередь от свойств, свариваемых и сварочных материалов, а также от характера напряжённого состояния, включая остаточные напряжения, и условий, в которых эксплуатируется данное сварное соединение.

При расчёте сварных конструкций на прочность существует два принципа расчёта. Первый – оценка несущей способности конструкций и соединений по предельным состояниям, второй – по допускаемым напряжениям. Первый применяется при расчёте строительных конструкций, второй – машинострои-

тельных и трубопроводов.

Величина допускаемых напряжений зависит от следующих условий:

- 1 Свойства материалов могут изменяться в зависимости от способа их производства, изменения химического состава в пределах нормативных значений, методов и способов обработки. Поэтому чем выше механические свойства материала, тем выше допускаемые напряжения.
- 2 Чем выше точность производимых расчётов, допускаемые напряжения тем выше. В свою очередь, точность расчётов зависит от совершенства теории, положенной в основу этих расчётов, а также от степени учёта всех нагрузок, действующих на конструкцию, так как иногда бывает чрезвычайно сложно учесть все возможные варианты, особенно в их взаимодействии.
- 3 От вида усилий – растяжения, сжатия, изгиба и среза.
- 4 От качества технологического процесса, которое в первую очередь влияет на определение допускаемых напряжений в сварных соединениях, сварных швах.
- 5 Большое значение имеет характер нагрузок, при которых работает конструкция. Наибольшее значение допускаемые напряжения имеют при статической нагрузке, при переменных нагрузках его величина уменьшается.

В итоге допускаемое напряжение, условно принимаемое в качестве разрушающего, рассчитывают с учётом коэффициента запаса прочности, который обычно принимают $n = 1,4 - 1,6$.

Допускаемое напряжение при растяжении $[\sigma]_p$ называется основным, так как допускаемые напряжения при других видах усилий определяются как производные от него.

Основное допускаемое напряжение $[\sigma]_p$ при статическом нагружении определяется в зависимости от предела текучести:

$$[\sigma]_p = \sigma_T / n. \quad (1)$$

При переменных нагрузках допускаемое напряжение

$$[\sigma]_p = \sigma_T \cdot \gamma / n, \quad (2)$$

где γ – коэффициент, учитывающий характер переменной нагрузки.

Величина допускаемого напряжения при сжатии зависит от конструктивных особенностей проектируемой конструкции. Если сжатые элементы конструкции небольшой длины и нет продольного изгиба, то

$$[\sigma]_p = [\sigma]_{сж}. \quad (3)$$

При сжатии длинных элементов, подверженных продольному изгибу,

$$[\sigma]_{сж} = [\sigma]_p \cdot \varphi, \quad (4)$$

где φ – коэффициент продольного изгиба, зависящий от гибкости элемента.

При изгибе стальных конструкций $[\sigma]_n = [\sigma]_p$, при срезе допускаемое напряжение $[\tau] = (0,5 - 0,6) [\sigma]_p$.


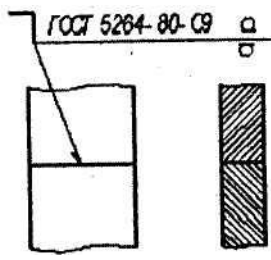
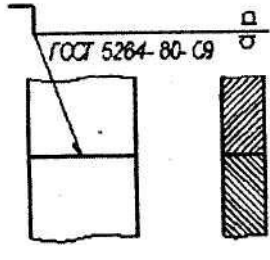

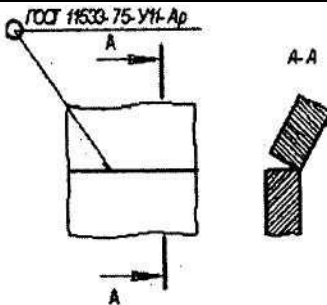
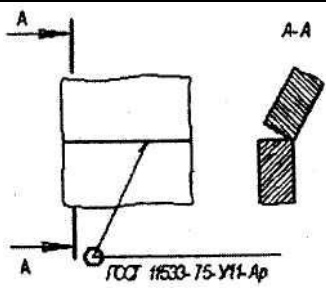
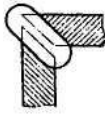
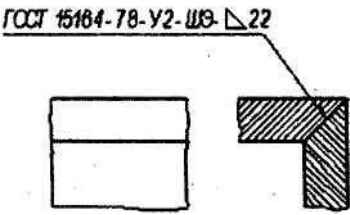
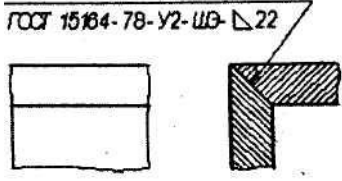
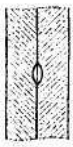
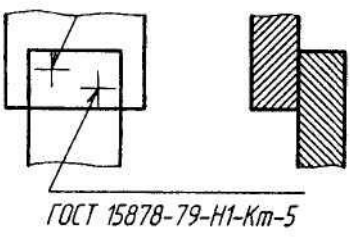
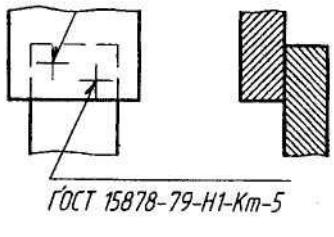
Допускаемые напряжения в сварных швах устанавливают в зависимости от допускаемых напряжений основного металла, соблюдая при этом принцип равнопрочности. Если сваривают элементы из разных марок стали, то при расчете принимаются меньшие значения допускаемых напряжений.

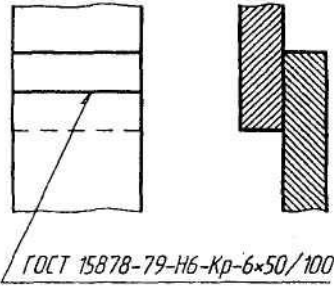
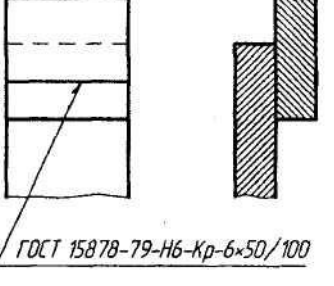

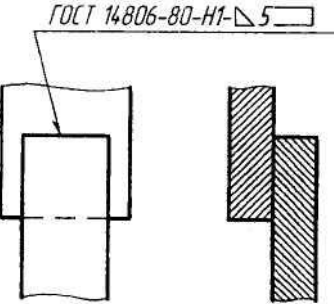
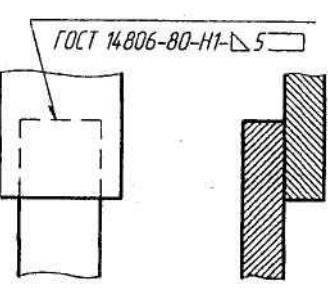

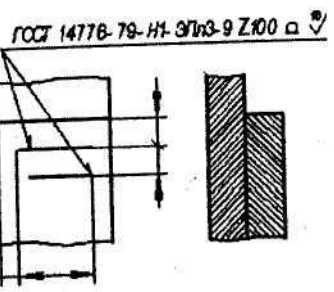
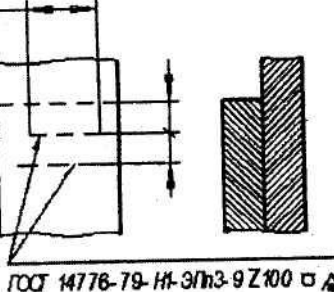

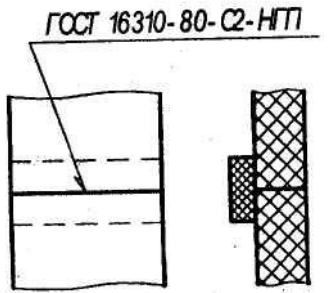
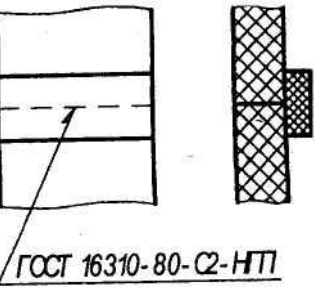
Механизация сварочных процессов, применение высококачественных сварочных материалов позволяют улучшить механические свойства соединений и тем самым повысить допускаемые напряжения.

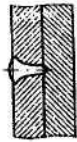
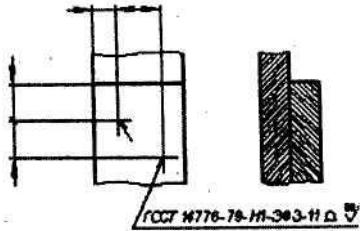
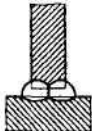
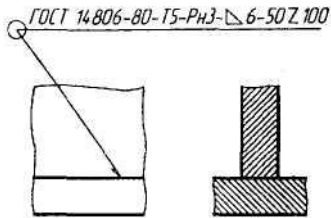
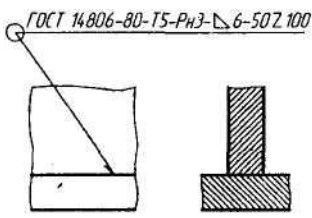
1.5 Примеры условных обозначений сварных соединений

Примеры условных обозначений сварных соединений взяты из приложения к ГОСТ 2.312-72 и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений

Форма поперечного сечения	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		
Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполненный дуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление снято с обеих сторон		
		
Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполненный автоматической сваркой под флюсом с ручной подваркой по замкнутой линии		
		
Шов углового соединения со скосом кромок, выполненный электрошлаковой сваркой проволочным электродом. Катет шва – 22 мм		
		
Одиночные точки нахлесточного соединения, выполненного контактной точечной электросваркой. Расчетный диаметр точки – 5 мм		

Форма поперечного сечения	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		
<p>Прерывистый шов нахлесточного соединения, выполненный контактной роликовой электросваркой. Ширина роликового шва – 6 мм; длина провариваемого участка – 50 мм; шаг – 100 мм</p>		
		
<p>Шов нахлесточного соединения без скоса кромок, односторонний, выполненный дуговой механизированной сваркой в защитных газах плавящимся электродом. Шов – по незамкнутой линии; катет шва – 5 мм</p>		
		
<p>Шов электрозаклёпочный нахлесточного соединения, выполненный аргонодуговой сваркой плавящимся электродом. Диаметр электрозаклёпки – 9 мм; шаг – 100 мм; расположения электрозаклёпок – шахматное; усиление снято; дана шероховатость обработанной поверхности</p>		
		
<p>Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполненный сваркой нагретым газом с присадкой</p>		

Форма поперечного сечения	Условное обозначение шва, изображенного на чертеже	
	с лицевой стороны	с оборотной стороны
		-
Одиночные электродзаклёпки нахлесточного соединения, выполняемые дуговой сваркой под флюсом. Диаметр электродзаклепки – 11 мм; усиление снято; указана шероховатость обработанной поверхности		
		
Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый, с шахматным расположением, выполняемый дуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии. Катет шва – 6 мм; длина провариваемого участка – 50 мм; шаг – 100 мм		

Примеры изображения поперечного сечения сварного соединения показаны на рисунке 10. На рисунке 10, а показано сварное соединение штуцера и фланца, на рисунке 10, б – сварной конструкции сборного колена. Широко используемыми в пищевой промышленности являются шнеки различных типов, при изготовлении которых часто используется сварка. В качестве примера обозначения сварных швов на рисунках 11 и 12 представлены сварные конструкции шнека волчка и ленточного шнека.

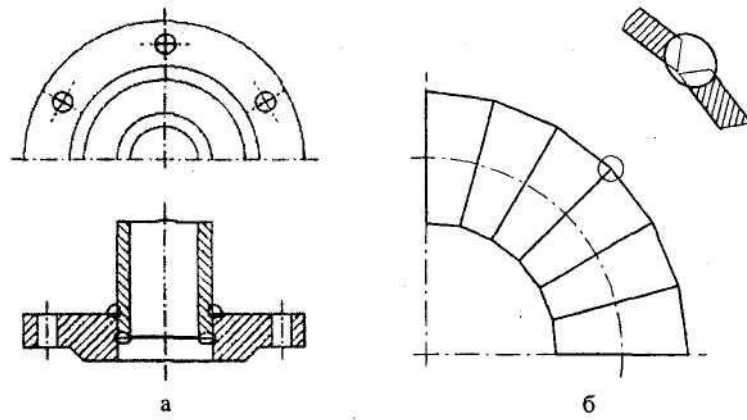


Рисунок 10 – Поперечные сечения сварных соединений а – штуцера и фланца, б – сборного колена

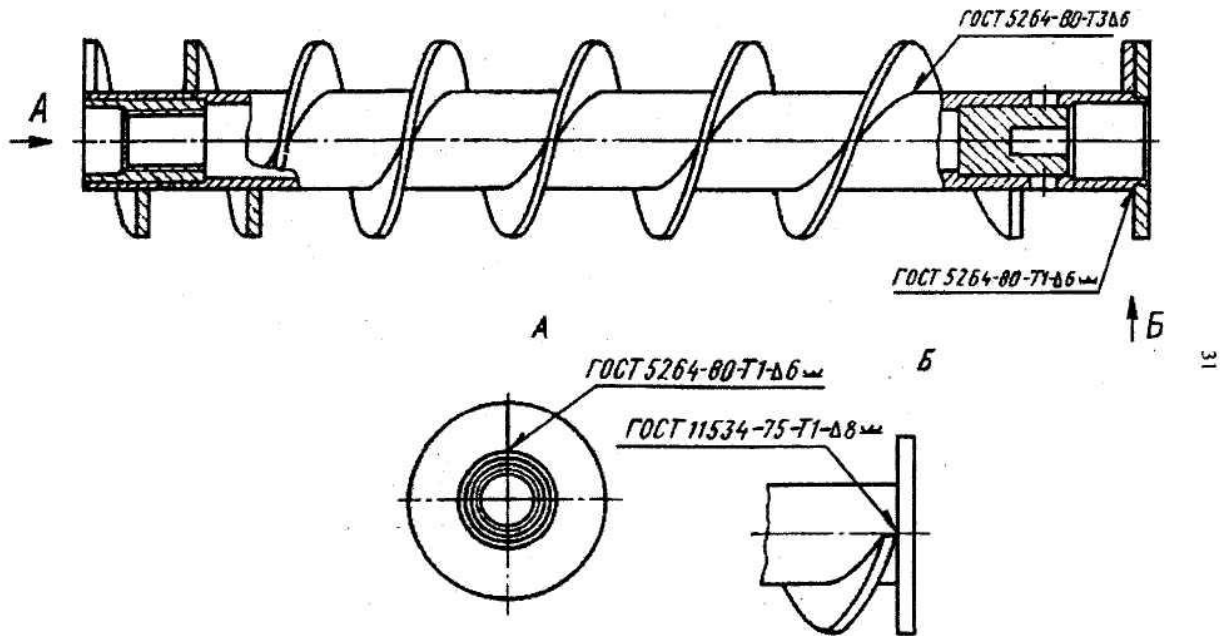


Рисунок 11 – Сварной шнек волочка

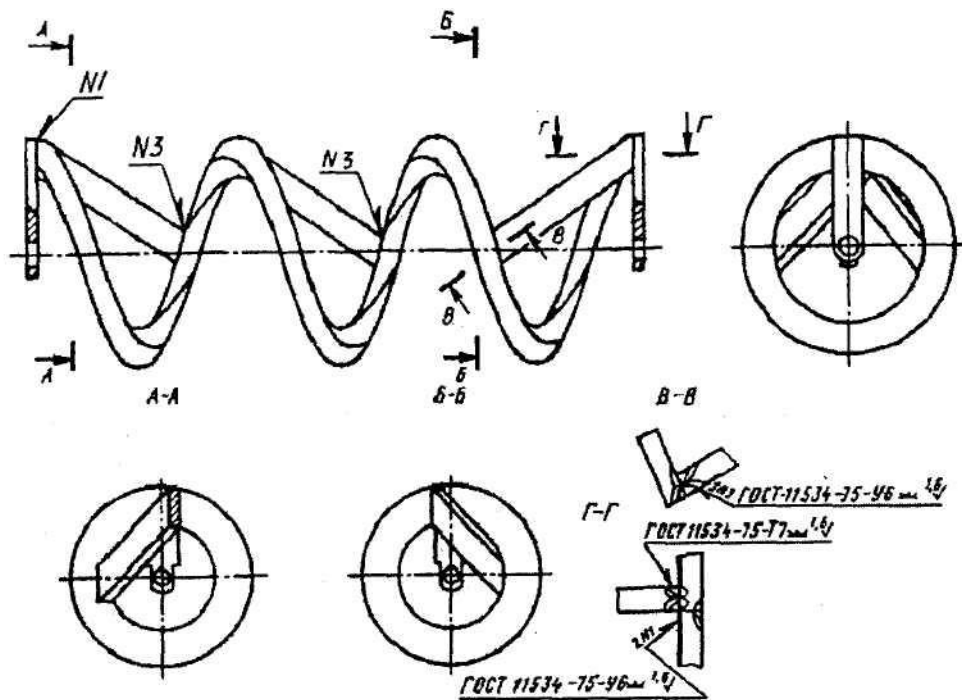


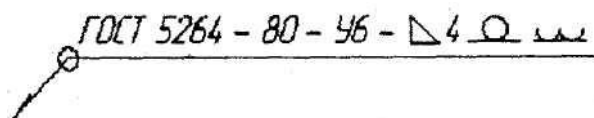
Рисунок 12 – Сварной ленточный шнек

2 Задачи

Целью решения задач является привить студентам навыки по выбору способов сварки, расчета и выполнения сварных соединений.

Задача № 1: Выполнить сварные швы для сборочной единицы «Вилка» (рисунок 13, а) и обозначить их на чертеже при соединении деталей щек поз. 1 и пластины поз. 3, щек поз. 1 и ребра 2.

Решение Задачи: При сварке щек поз. 1 и пластины поз. 3 сварной шов выполняется по замкнутому контуру ручной электродуговой сваркой угловым соединением, характер сварного шва – односторонний, форма подготовленных кромок – со скосом одной кромки. Катет сварного шва 4 мм, после сварки необходимо снять усиление шва, наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу. Количество швов – 2. В этом случае обозначение сварного шва будет иметь следующий вид:



При сварке щек поз. 1 и ребра поз. 2. сварной шов выполняется по за-

замкнутому контуру ручной электродуговой сваркой тавровым соединением, характер сварного шва - двусторонний, форма подготовленных кромок – без скоса кромок. Катет сварного шва 4 мм. Количество швов – 2. В этом случае обозначение сварного соединения будет иметь следующий вид:

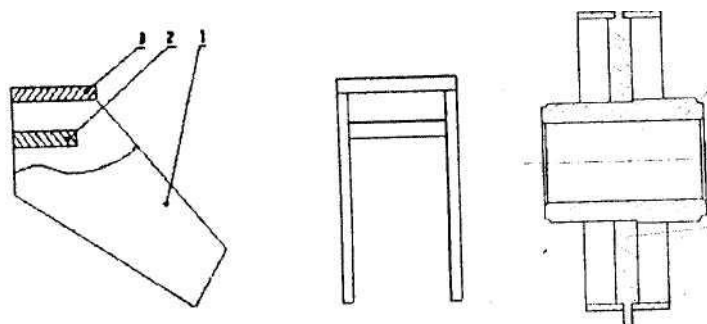
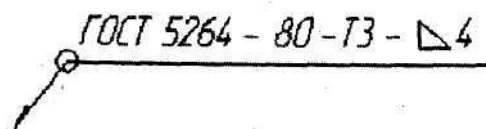
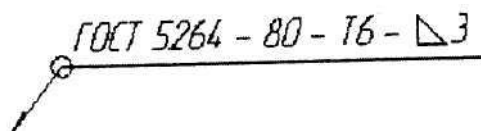


Рисунок 13 – Чертежи сварных конструкций а – вилка: 1 – щека, 2 – ребро, 3 – пластина; б – колесо: 1 – корпус, 2 – диск, 3 – обод

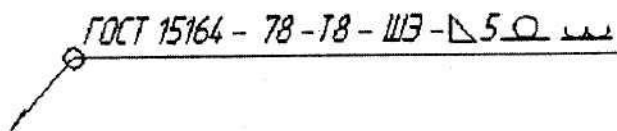
Задача № 2: Изготовить сварную конструкцию изделия «Колесо» (рисунок 13, б), при этом дать обозначение сварных швов для соединения корпуса поз. 1 и диска поз. 2, диска поз. 2 и обода поз. 3.

Решение задачи: При сварке корпуса поз. 1 и диска поз. 2 сварной шов выполняется по замкнутому контуру ручной электродуговой сваркой тавровым соединением, характер сварного шва – двусторонний, форма подготовленных кромок – со скосом одной кромки. Катет сварного шва 3 мм, после сварки снять усиление шва, наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу. В этом случае обозначение сварного шва будет иметь следующий вид:



При сварке диска поз. 2 и обода поз. 3 сварной шов выполняется элек-

трошлаковой сваркой проволочным электродом тавровым соединением, характер сварного шва – двусторонний, форма подготовленных кромок – с двумя симметричными скосами одной кромки. Катет сварного шва 5 мм, после сварки снять усиление шва, наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу. В этом случае обозначение сварного шва будет иметь следующий вид:



Задача № 3. Полоса сечением 300×12 прикреплена к листу фланговыми и косыми швами с катетами 12 мм и лобовым швом с катетом 8 мм (рисунок 14). Определить допустимое усилие P , если допустимое напряжение $[\tau] = 120 \text{ МПа}$, сварка автоматическая ($\beta = 1$).

Решение: Определяем суммарную площадь сечения сварных швов:

$$F_{\Sigma} = F_{\text{л}} + F_{\text{к}} + F_{\text{фл}},$$

где $F_{\text{л}}$, $F_{\text{к}}$ и $F_{\text{фл}}$, - соответственно площади сечения лобового, косых и фланговых швов.

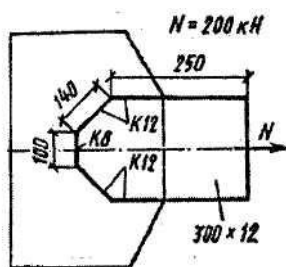


Рисунок 14 - К расчёту комбинированного соединения

$$F_{\text{л}} = 2 \cdot \beta \cdot K_{\text{л}} \cdot l_{\text{л}} = 1 \cdot 8 \cdot 100 = 800 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{к}} = 2 \cdot P \cdot K_{\text{к}} \cdot l_{\text{к}} = 2 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 140 = 3360 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{фл}} = 2 \cdot \beta \cdot K_{\text{ф}} \cdot l_{\text{ф}} = 2 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 150 = 3600 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\Sigma} = 800 + 3360 + 3600 = 7760 \text{ мм}^2.$$

Допустимое усилие (по сварным швам):

$$P_{\omega} \cdot [\sigma]_p \cdot F_{\Sigma} = 120 \cdot 10^6 \cdot 7760 \cdot 10^{-6} = 931200 \text{ Н} = 931,2 \text{ кН}.$$

Производим расчёт допускаемого усилия в полосе, принимая $[\sigma]_p = 200$ МПа:

$$P_n = [\sigma]_p \cdot F_n = 200 \cdot 10^6 \cdot 300 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 720000 = \kappa H$$

Сварные швы прочнее полосы. Для получения равнопрочного соединения с минимальным расходом металла производим корректировку длины фланговых швов. Применяя принцип независимого действия сил, определяем допускаемые усилия в лобовом и косых швах

$$P_{\text{Л}} = [\tau'] \cdot F_{\text{Л}} = 120 \cdot 10^6 \cdot 800 \cdot 10^{-6} = 96 \kappa H,$$

$$P_{\text{К}} = [\tau'] \cdot F_{\text{К}} = 120 \cdot 10^6 \cdot 3360 \cdot 10^{-6} = 404 \kappa H$$

Усилие, приходящееся на фланговые швы:

$$P_{\Phi} = P_n - (P_{\text{Л}} + P_{\text{К}}) = 720 - (96 + 404) = 220 \kappa H$$

Определяем длину фланговых швов из равенства:

$$P_{\Phi} = [\tau'] \cdot F_{\Phi\text{Л}} = [\tau'] \cdot 2 \cdot \beta \cdot K_{\Phi} \cdot l_{\Phi}$$

следовательно,

$$l_{\Phi} = \frac{P_{\Phi}}{[\tau'] \cdot 2 \cdot \beta \cdot K_{\Phi}} = \frac{220 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 10^3} = 0,076 \text{ м}$$

Принимаем длину фланговых швов 800 мм каждый.

2.1 Варианты заданий

Для представленных в таблице 5 сварных конструкций дать поперечное сечение сварного шва и его обозначение.

Таблица 5 - Варианты заданий для самостоятельного выполнения

№ вар.	Наименование соединяемых конструктивных элементов
1	Обечайка и фланец с плоской привалочной поверхностью
2	Обечайка и фланец с выступами
3	Корпус и стандартное эллиптическое днище
4	Корпус и плоское днище
5	Корпус и коническое днище
6	Корпус и коническое отбортованное днище

№ вар.	Наименование соединяемых конструктивных элементов
7	Плоское днище и штуцер
8	Коническое днище и штуцер
9	Плоское днище, штуцер и накладное кольцо
10	Корпус и накладное кольцо
11	Заготовка для зубчатого колеса
12	Заготовка для шкива
13	Заготовка для звёздочки
14	Заготовка для корпуса подшипника
15	Валец и цапфа
16	Корпус и трубная решётка
17	Корпус и кронштейн
18	Корпус и седловая опора
19	Кронштейн и рёбра жёсткости
20	Стойка и пластина

3 Вопросы к практическому занятию

1. Что такое сварное соединение?
2. Какие существуют виды сварки?
3. Что представляет собой буквенно-цифровое обозначение сварного соединения?
4. Как выполняются основные виды сварных соединений?
5. Что такое усиление и катет сварного шва?
6. Как условно обозначают способы сварки?
7. Какие вспомогательные знаки применяют в обозначениях швов?
8. Где и как наносят на чертежах данные о сварных швах?
9. В чём отличие в изображении поперечного сечения стандартного и нестандартного сварных швов?
10. Каким образом указываются на чертежах одинаковые швы?

11. Какие допущения допускается делать при вычерчивании сварных соединений?
12. В чем особенность написания технических требований для чертежей сварных конструкций?
13. Какие вы знаете принципы расчёта сварных конструкций, где они применяются?
14. От каких факторов зависит величина допускаемых напряжений?
15. Какое допускаемое напряжение называется основным и какова его связь с остальными?
16. Какими способами свариваются пластмассы?

4 Список рекомендуемой литературы

4.1 Основная учебная литература

1. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: Учебник для вузов. – СПб.:ГИОРД, 2003. -352 с.

4.2 Дополнительная литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т. 3 - М.: Машиностроение, 1999. – 557 с.
2. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. - Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, - 2002. Т. 1. - 852 с; Т. 2. - 1028 с; Т. 3. - 968 с.
3. Блинов А. Н., Лялин К.В. Сварные конструкции: Учебник для техни

- кумов. - М.: Стройиздат, 1990. - 354 с.
4. Чекмарёв Д.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Высшая школа, 1994. - 672 с.
 5. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1981. - 382 с.

«Проектирование сварных конструкций» для студентов специальности

150202 «Оборудование и технология сварочного производства»

Лицензия ИД № 01908 от 30.05.2000
Подписано в печать 27.07.2005. Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная. Печать лазерная.
Тираж 100 экз.

Отпечатано в издательстве НГГТИ,
357108, г. Невинномысск, Бульвар Мира, 17

Лабораторная работа № 1

Основой монолитного сварного соединения является образование связей между атомами соединяемых деталей. Монолитное соединение формируется при сближении поверхностей на расстояние, соизмеримое с параметрами кристаллической решетки.

При сварке плавлением соединяемые крошки оплавляются под действием источника нагрева. Вводимая энергия обеспечивает расплавление основного и присадочного материалов. Расплавленный металл, сливаясь в общий объем, образует жидкую сварочную ванну. Жидкий металл ванны, растекаясь по поверхности твердого тела, соприкасается с поверхностями соединяемых кромок и прилипает к ним вследствие адгезии. Сближение атомов происходит при смачивании поверхности кромок жидким металлом (расплавом), а активация поверхности твердого металла – за счет передачи ее частицам тепловой энергии. При этом происходит взаимная диффузия компонентов в расплавленном и твердом материалах и их растворение.

При затвердевании расплавленного материала слабые адгезионные связи заменяются прочными химическими, соответствующими природе соединяемых материалов и типу их кристаллических решеток. Эти процессы, а также кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны, обеспечивают прочность сварного соединения.

При сварке плавлением обе стадии процесса соединения – физический контакт и химическое взаимодействие, сопровождающиеся диффузией, протекают довольно быстро.

Благодаря пластической деформации облегчается установление межатомных связей соединяемых частей. Длительность стадий образования физического контакта и химического взаимодействия здесь существенно больше, чем при сварке плавлением, и зависит от физико-химических свойств соединяемых материалов, состояния их поверхности, состава внешней среды, давления и наличия других средств активации (ультразвук, трение и т.д.).

Для ускорения процесса соединения применяют сварку давлением с нагревом. При некоторых способах сварки давлением металл свариваемых поверхностей или промежуточных вспомогательных прокладок нагревают до оплавления, а давление осуществляют в непрерывном или прерывистом режимах.

Следовательно, термодинамическое определение процесса сварки таково: это процесс получения монолитного соединения материалов в результате введения и необратимого преобразования энергии и вещества в месте соединения.

Классификацию сварочных процессов осуществляют по основным физическим, техническим и технологическим признакам.

В термомеханический класс объединены все виды сварки с использованием тепловой энергии и давления: контактная, диффузионная, кузнечная, газопрессовая и др. К механическому классу относят все виды сварки давлением, осуществляемые с использованием механической энергии: холодную, сварку трением, ультразвуковую и сварку взрывом.

Таблица 1.1 – Классификация методов сварки металлов по физическим признакам

Сварка плавлением без давления (термический класс)	Сварка давлением	
	Термомеханический класс	Механический класс
Дуговая	Контактная	Холодная
Электрошлаковая	Диффузионная	Трением
Плазменная	Кузнечная	Ультразвуковая
Электроннолучевая	Газопрессовая	Взрывом
Лазерная	Высокочастотная	Магнитно-импульсная
Термитная	Печная	
Газовая		

Техническими признаками классификации сварочных процессов являются способы защиты металла в зоне сварки, непрерывность процесса и степень его механизации.

Подпись и дата	
Инд. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист

Технологические признаки классификации устанавливаются для каждого вида сварки отдельно. Например, дуговая сварка может быть классифицирована по следующим признакам: вид электрода, характер защиты и уровень автоматизации.

По способу защиты сварочной ванны, самой дуги и конца нагреваемого электрода от воздействия атмосферных газов дуговая сварка подразделяется на следующие виды: сварка покрытыми электродами, в защитном газе, под флюсом, самозащитной порошковой проволокой, в вакууме и со смешанной защитой.

По степени автоматизации процесса сварка может быть ручной, механизированной и автоматической.

Характерные особенности наиболее широко применяемых способов сварки плавлением приведены ниже.

Ручная дуговая сварка (рисунок 1.1).

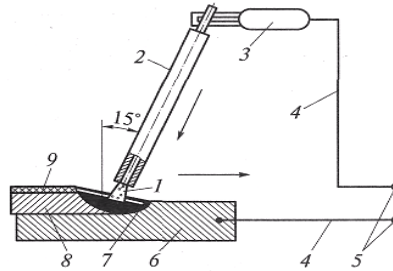


Рисунок 1.1 – Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом: 1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель; 4 – сварочные провода; 5 – источник постоянного или переменного тока; 6 – свариваемая деталь; 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка; стрелки показывают направление движения электрода в процессе сварки

Сварку выполняют штучными покрытыми электродами. Такой электрод представляет собой металлический стержень с нанесенным на его поверхность покрытием (обмазкой), изготовленным из порошкообразной смеси различных компонентов, которые обеспечивают устойчивое горение дуги, проведение металлургической обработки сварочной ванны, защиту расплавленного металла от атмосферных газов и повышение качества сварки. Сварной шов образуется за счет расплавления металла свариваемых кромок и плавления стержня сварочного электрода.

Интв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Интв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами – один из наиболее распространенных способов изготовления сварных конструкций. Она отличается простотой и универсальностью, возможностью выполнения соединений в различных пространственных положениях и труднодоступных местах.

Ее существенный недостаток – низкая производительность процесса и зависимость качества сварки от квалификации сварщика. Дуговая сварка под флюсом (рисунок 1.2).

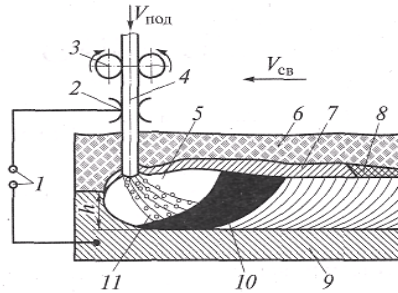


Рисунок 1.2 – Схема дуговой сварки под флюсом: 1 – источник постоянного или переменного тока; 2 – скользящий контакт (токоподвод); 3 – подающий механизм; 4 – электродная проволока; 5 – парогазовый пузырь; 6 – флюс; 7 – расплавленный флюс; 8 – затвердевший шлак; 9 – свариваемый (основной) металл; 10 – сварочная ванна; 11 – сварочная дуга; $V_{св}$, $V_{под}$ – скорости сварки и подачи электродной проволоки; h – глубина проплавления основного металла

При сварке под флюсом сварочная проволока и флюс подаются в зону горения дуги, под воздействием теплоты которой плавятся кромки основного металла, электродная проволока и часть флюса. Вокруг дуги образуется газовый пузырь, заполненный парами металла и материалов флюса. По мере перемещения дуги расплавленный флюс всплывает на поверхность сварочной ванны, образуя шлак. Расплавленный флюс защищает зону горения дуги от воздействия атмосферных газов и значительно повышает качество металла шва.

Сварку под слоем флюса применяют для соединения металла средних и больших толщин. Сварочный электрод выполнен в виде проволоки, свернутой в кассету. Подача проволоки в зону горения дуги механизирована, а перемещение дуги по свариваемым деталям выполняется вручную или специальными механизмами.

Дуговая сварка под флюсом отличается высокой производительностью и качеством получаемых соединений. К недостаткам процесса следует отнести трудность сварки деталей небольшой толщины, а также выполнения коротких швов и швов в пространственных положениях, отличных от нижнего.

Дуговая сварка в защитных газах (рисунок 1.3).

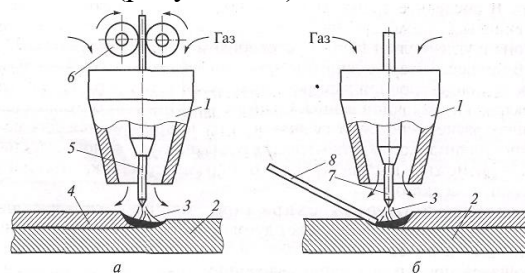


Рисунок 1.3 – Схема дуговой сварки в среде защитных газов плавящимся (а) и неплавящимся (б) электродами: 1 – сопло горелки; 2 – свариваемая деталь; 3 – дуга; 4 – сварной шов; 5, 7 – плавящийся и неплавящийся (вольфрамовый) электроды; 6 – подающий механизм; 8 – присадочный материал

Электрическая дуга горит в среде защитных газов, специально подаваемых в зону сварки. При этом можно использовать как неплавящийся, так и плавящийся электроды, а процесс выполнять ручным, механизированным или автоматическим способами.

Инь. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инь. № дубл.
Подп. и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист
------	------	--------	---------	------	------

В качестве защитных газов используют углекислый газ, аргон, гелий, иногда азот и смеси газов.

В процессе сварки защитные газы подают в зону горения дуги через сопло сварочной горелки и оттесняют атмосферные газы от электрода и сварочной ванны. Сварка в защитных газах отличается разнообразием способов осуществления и применяется для соединения широкого круга металлов и сплавов. Основной недостаток – возможное нарушение защиты при сварке на открытых площадках и на сквозняке.

Электрошлаковая сварка (рисунок 1.4). Процесс сварки является бездуговым. В отличие от дуговой сварки для расплавления основного и присадочного металлов используется теплота, выделяющаяся при прохождении сварочного тока через расплавленный электропроводный шлак (флюс).

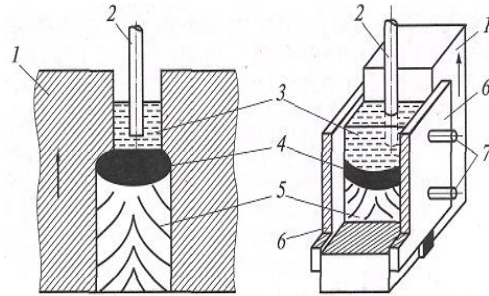


Рисунок 1.4 – Схема процесса электрошлаковой сварки: 1 – свариваемая деталь; 2 – электрод; 3 – расплавленный металл; 4 – сварочная ванна; 5 – сварной шов; 6 – подвижные ползуны-кристаллизаторы; 7 – подвод охлаждающей воды; стрелками показано направление сварки

Сварку выполняют снизу вверх чаще всего при вертикальном положении свариваемых деталей с зазором между ними. Для формирования шва по обе стороны зазора устанавливают медные ползуны-кристаллизаторы, охлаждаемые водой, которые перемещают в направлении сварки.

Обычно электрошлаковую сварку применяют для соединения деталей толщиной от 32 мм до нескольких метров. Ее основные недостатки – громоздкое оборудование и ограниченное пространственное положение.

Плазменная сварка. Сварочный процесс основан на пропускании потока газов через электрический разряд большой плотности. В результате получают высокотемпературный ионизированный газ, называемый плазмой.

Плазменную сварку можно выполнять при изготовлении, как тонкостенных изделий, так и деталей большой толщины из различных материалов. В качестве плазмообразующего газа чаще всего используют аргон, гелий или азот. Состав и расход плазмообразующего газа зависят от вида электрода и свариваемого материала. Основными недостатками этого способа сварки являются большой расход газа и низкая стойкость электродов.

При организации работ с использованием рассмотренных методов сварки используется разнообразное оборудование сварочных постов, подробное описание которых приводится в рекомендованной литературе.

ВЫВОДЫ:

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист
------	------	--------	---------	------	------

Лабораторная работа № 2 КОЭФФИЦИЕНТ ПЛАВЛЕНИЯ, НАПЛАВКИ, ПОТЕРЬ НА УГАР И РАЗБРЫЗГИВАНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СВАРКИ

Цель и содержание работы. Целью работы является изучение влияния рода и силы тока, марки электродов на коэффициенты плавления и наплавки, потерь на угар и разбрызгивание. Содержанием работы является определение производительности при ручной наплавке.

Теоретическое обоснование

На производительность процесса электрической дуговой сварки влияют следующие факторы: 1) сила сварочного тока; 2) коэффициент плавления $\alpha_э$; 3) коэффициент наплавки $\alpha_н$, который обычно меньше $\alpha_э$, так как не весь расплавленный электродный металл переходит в шов: часть его выгорает, часть разбрызгивается.

Потери металла на угар и разбрызгивание, а также значения коэффициентов плавления и наплавки зависят от величины сварочного тока. Увеличение тока приводит к повышению температуры дуги, т.е. к интенсивности расплавления электрода и ускорению протекания химических реакций. Следовательно, с увеличением тока $\alpha_э$ и $\alpha_н$ увеличиваются, но на разные значения, так как увеличение температуры дуги приводит к увеличению количества образующихся газов и повышению их давления в капле, а значит, к повышению потерь на угар и разбрызгивание.

В начальный момент сварки скорость плавления электродного металла небольшая, но по мере разогрева электрода Джоулевым теплом проходящего по нему тока скорость его плавления увеличится в два раза, т.е. на 100% и более при значительных плотностях тока. При этом увеличиваются $\alpha_э$ и $\alpha_н$, потери же на угар и разбрызгивание практически не изменяются.

Качество металла наплавки или шва будет обеспечено, если скорость плавления электрода вначале будет отличаться от скорости в конце не более чем на 30%. Джоулево тепло определяется уравнением

$$Q = J_{св}^2 \cdot R \cdot t \quad (2.1)$$

Покрытие электродов существенно влияет на коэффициенты плавления, наплавки и на коэффициент потерь, который равен

$$\psi = \frac{\alpha_э - \alpha_н}{\alpha_э} \cdot 100 \quad (2.2)$$

На $\alpha_э$ и $\alpha_н$ оказывают влияние полярность тока, тип соединения, положение шва в пространстве и т. д.; установлено, что род сварочного тока существенно их не меняет. С переходом на переменный ток в некоторой степени уменьшается ψ , но производительность практически не изменяется. Исследования показали, что $\alpha_э$, $\alpha_н$ и ψ будут иметь разные значения (при прочих равных условиях) при сварке электродами различных марок.

Таблица 1 Контролируемые параметры

Марка электрода	Диаметр электрода	Масса, г				Режим		
		электрода		пластины		Сила тока, А	Род тока, полярность	Время горения дуги
		до наплавки	после наплавки	до наплавки	после наплавки			
MP-3	3	70	21	450	495	70-90	переменный	60с

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подпись и дата

1. Масса металлического стержня электрода определяется по формуле, кг

$$G_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \rho_M \cdot l_3, \quad (1)$$

где d_3 – диаметр стержня электрода, м; $\rho_M = 7850$ кг/м – плотность стального стержня электрода; l_3 – длина электрода, м.

2. Определяется коэффициент плавления α_3 , г/(А · ч) по формуле

$$\alpha_3 = \frac{G_p \cdot 3600}{J_{св} \cdot \tau}, \quad (2.4)$$

где G_p – масса расплавленной части электрода, г, которая определяется по формуле (2.3); $J_{св}$ – сила сварочного тока, А; τ – время горения дуги, с.

3. Масса наплавленного металла G_n , г, определяется как разность массы образца пластины до и после наплавки

$$G_n = G_{n.п.} - G_{д.}, \quad (2.5)$$

где $G_{n.п.}$, $G_{д.}$ – соответственно массы пластины после и до наплавки валиков.

4. Коэффициент наплавки, α_n , г/(А·ч) определяется по формуле

$$\alpha_n = \frac{G \cdot 3600}{J_{св} \cdot \tau}. \quad (2.6)$$

5. Рассчитывается коэффициент потерь на угар и разбрызгивание ψ , %, по формуле

$$\psi = \frac{G_3 - G}{G_p}. \quad (2.7)$$

6. Определяется теоретическая производительность сварки по формуле, кг/ч

$$G = \frac{\alpha_n \cdot J_{св} \cdot \tau}{1000}. \quad (2.8)$$

Таблица 2 - Результаты расчетов

Марка электрода	Масса, г		Коэффициент			Производительность G, кг/ч
	Расплавленного электродного металла, G_p	Наплавленного металла, G_n	Плавления, α_p , г/(А·ч)	Наплавки α_n , г/(А·ч)	Потерь ψ , %	
MP-3	49	44	9	7	3	12

ВЫВОДЫ:

Инь. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инь. № дубл.
Подп. и дата	Подпись и дата

Лабораторная работа № 3 ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Цель и содержание работы. Целью работы является практическое ознакомление с оборудованием, инструментами, материалами и процессами газовой сварки и резки металлов. Содержанием работы является выполнение газовой сварки и резки металла.

Теоретическое обоснование

Газовая сварка – один из методов сварки плавлением. Источником теплоты для нагревания и расплавления металлов является пламя, образующееся при сгорании горючего газа в кислороде.

Сущность процесса. Пламенем сварочной горелки расплавляют участок свариваемого металла и присадочной проволоки. В результате образуется жидкая ванна из сплава основного и присадочного металлов, которая после затвердевания образует шов, соединяющий свариваемые части.

Сварка встык стальных изделий до толщины $\delta = 4$ мм осуществляется без разделки кромок. При толщине деталей $\delta \geq 5$ мм необходима односторонняя или двухсторонняя разделка кромок.

Газовая сварка может выполняться в любом пространственном положении (нижнем, вертикальном и потолочном).

Кислородной резкой называют процесс интенсивного сгорания (окисления) металла в струе кислорода и удаления этой струей продуктов сгорания (окислов) из зоны резки.

Для осуществления процесса резки металл необходимо нагреть до температуры его воспламенения в кислороде. Нагрев осуществляется подогревающим пламенем резака, в котором используется смесь кислорода с горючими газами в соотношении 1:1. Процесс резки осуществляется действием на нагретые участки металла струей технически чистого кислорода.

Образующиеся при сгорании металла окислы в жидком состоянии удаляются газовым потоком режущей струи из зоны реакции.

Таким образом, процесс кислородной резки можно разделить на две стадии:

1. Нагрев металла до температуры воспламенения.
2. Горение (окисление) металла и удаление окислов из зоны резки.

При резке металлов (в обеих стадиях) соотношение расхода кислорода к горючему газу (ацетилену) по объему составляет:

$$\frac{O_2}{C_2H_2} = \frac{5}{1}$$

По назначению кислородная резка делится на два основных вида:

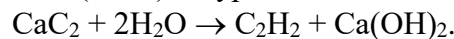
1. Разделительная резка, образующая в металле сквозные разрезы, отделяющие одну часть металла от другой.
2. Поверхностная резка, образующая на поверхности металла канавки овальных сечений.

Кислородная резка подразделяется на ручную и машинную.

Материалы для газовой сварки и резки металлов. Кислород (O_2). Для сварки и резки применяется газообразный технический кислород с чистотой 99,2 - 99,7%, не имеющий запаха и вкуса. Он не горит, но активно поддерживает горение. Его получают методом глубокого охлаждения и разделения на составные части атмосферного воздуха. Хранится и транспортируется кислород в стальных баллонах под давлением 15 МПа.

Горючие газы. В качестве горючих газов используют ацетилен (C_2H_2), пропан (C_3H_8), метан (CH_4) и др.

Ацетилен бесцветный газ с резким специфическим запахом. Его получают в генераторах при разложении водой карбида кальция (CaC_2) по уравнению:



Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		Лист
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата

Использование генераторного ацетилена сопряжено с опасностью взрыва аппаратуры. Поэтому применяют растворенный ацетилен, хранящийся и транспортируемый в стальных баллонах, наполненных пористой массой (уголь, пемза) под давлением до 1,6 МПа. Чаще всего применяют ацетилен, растворенный в ацетоне, в одном объеме которого растворяется 23 объема C_2H_2 . При сгорании ацетилена в кислороде образуется пламя с температурой до 3150 °С.

Пропан, метан и другие газы в смеси с кислородом образуют пламя с более низкой температурой $T = 2100 \div 2200$ °С. Для кислородной резки используется также керосин и бензин в распыленном виде.

Сварочная проволока. Для сварки изделий из низкоуглеродистой стали применяют сварочную проволоку марки Св-08 по ГОСТ 2246-70, которая содержит марганец и кремний, необходимые для раскисления металла. Можно применять проволоку марки Св-08ГС, содержащую повышенное количество марганца и кремния.

Состав присадочного металла (проволоки) для сварки других металлов и сплавов должен быть близок к их составу.

Аппаратура и инструменты для сварки и резки. Пост для ручной газовой сварки и резки (рисунок 3.1.) состоит из: баллона 6 с растворенным ацетиленом, баллона с кислородом 4 и вентиля 3, редуктора ацетилена 5, горелки (или резака) 1, резиновых шлангов 2 .

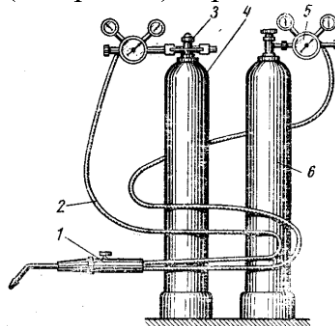


Рисунок 3.1 – Сварочный пост для газовой сварки и резки: 1 – горелка; 2 – шланг; 3 – вентиль; 4 – кислородный баллон; 5 – ацетиленовый редуктор; 6 – баллон с ацетиленом

Принцип действия и устройство кислородных и ацетиленовых редукторов обратного действия примерно одинаков и аналогичен устройству и принципу действия редуктора расхода, но указатель расхода газа заменяется манометром низкого давления (от $0,5 \times 10^5$ до $20 \cdot 10^5$ Па). Кислородный редуктор окрашен в голубой цвет.

Сварочные горелки служат для смешения кислорода и горючего газа в требуемом соотношении и для образования сварочного пламени, необходимой мощности в зависимости от толщины свариваемого металла.

По принципу действия горелки делятся на инжекторные, в которые горючий газ подается под низким давлением (до $0,2 \cdot 10^5$ Па), а кислород под высоким давлением ($3 \div 40 \cdot 10^5$ Па) и безинжекторные (прямого действия), в которые горючий газ поступает с равным давлением ($0,5 \div 1,0 \cdot 10^5$ Па).

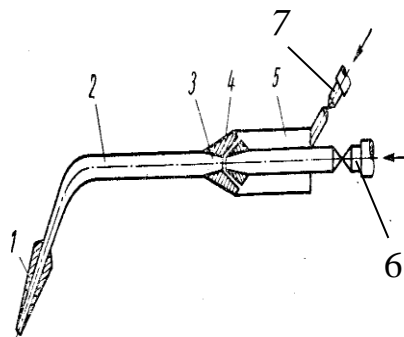


Рисунок 3.2 – Схема инжекторной горелки

Инь. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инь. № дубл.
Подп. и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист
------	------	--------	---------	------	------

Резаки предназначены для смешения горючего газа с кислородом, образования подогревающего пламени и подачи к разрезаемому металлу струи чистого кислорода.

Схема ацетиленокислородного инжекторного резака типа «Пламя» изображена на рисунке 3.3.

Шланги предназначены для подвода к горелке (резаку) кислорода и горючего газа. Они изготавливаются из резины с одним или несколькими слоями хлопчатобумажной ткани. Шланги для кислорода рассчитаны на давление до 2 МПа, а для горючих газов до 0,5 МПа. Длина шлангов должна быть не менее 5 м.

Техника безопасности при проведении работ по сварке и резке металлов. Во время эксплуатации баллонов со сжатыми, растворенными и сжиженными газами во избежание взрывов следует соблюдать крайнюю осторожность. Не допускать ударов по баллонам и предотвращать их падение надежным закреплением на рабочем месте. Не допускать также нагрев баллонов внешними источниками тепла и попадание на них масел и жиров. Перед присоединением редуктора к вентилю необходимо произвести его продувку для удаления посторонних частиц.

С горелкой (резаком), редукторами и шлангами необходимо обращаться осторожно: предохранять их от повреждений и загрязнения, следить за плотностью всех соединений.

Все работы можно производить только в присутствии и под наблюдением лаборанта, учебного мастера или преподавателя.

Таблица 3.1 – Показатели режимов ручной газовой сварки и резки металлов

Наименование процесса	Марка стали	Толщина проката, мм (стали)	Давление кислорода Р _к , Па	Давление ацетилена Р _а , Па	Скорость сварки и резки, м/ч
Сварка горелкой типа ГС	Ст 3	8	150	19	3
Резка резаком типа «Пламя»	СЧ	8	150	19	12

ВЫВОДЫ:

Инь. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инь. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист

Лабораторная работа № 4 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Цель и содержание работы. Целью работы является практическое ознакомление с методами контроля качества сварных швов. Содержание работы заключается в контроле качества сварного шва внешним осмотром.

Теоретическое обоснование

При внешнем осмотре сварного соединения оценивается качество сварных швов по внешним признакам, выявляются дефекты, выходящие на поверхность.

При внешнем осмотре оцениваются размеры шва (рисунок 4.1), их постоянство по длине и ширине, характер поверхности наплавленного металла, наличие или отсутствие трещин, подрезов и наплывов (рисунок 4.2), прожогов, незаваренных кратеров, пор, шлаковых включений и других внешних дефектов.

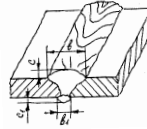


Рисунок 4.1 – Конструктивные размеры шва

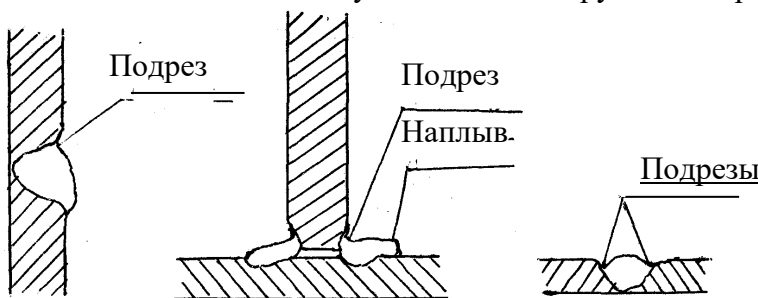


Рисунок 4.2 – Подрезы и наплывы

Недостаточное усиление валика наплавленного металла или его ослабление, как и подрезы, ослабляют шов. Чрезмерное усиление, резко выполненное, без плавных переходов к основному металлу, наплывы вызывают концентрацию внутренних напряжений и облегчают разрушение шва. Непостоянство размеров наплавленного валика, неравномерность чередования чешуек указывают на колебания режима сварки, на частые обрывы дуги, а в результате – на возможное наличие внутренних непроваров, раковин.

Прожоги, поры, шлаковые включения вызывают местное ослабление шва. В незаваренных кратерах могут быть мелкие трещины, поры, а металл – более хрупкий. Из незаваренных кратеров часто начинается разрушение шва. Особо опасным дефектом являются трещины. Они могут быть различного происхождения, по-разному располагаться на наплавленном и основном металле, могут быть различной величины. Трещины всегда сильно ухудшают механические свойства сварного соединения, поэтому являются недопустимыми.

ВЫВОДЫ:

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата		Лист
------	------	--------	---------	------	--	------

Лабораторная работа № 5 КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ ШВОВ РЕНТГЕНОВСКИМИ ЛУЧАМИ

Цель и содержание работы. Целью работы является практическое ознакомление с методами рентгеновского контроля качества сварных швов. Содержание работы заключается в анализе дефектов, обнаруженных данным методом.

Теоретическое обоснование

Просвечивание сварных швов рентгеновскими лучами позволяет обнаружить внутренние дефекты вследствие разной плотности металла и материала включений.

Рентгеновские лучи, проходя через материал, поглощаются им в зависимости от плотности и толщины просвечиваемого слоя. В случае прохождения лучей через неоднородное тело или через тело непостоянной толщины интенсивность потока прошедших рентгеновских лучей будет различной. Для обнаружения неодинаковой интенсивности потока рентгеновских лучей чаще пользуются фотографическим методом. Прошедшие рентгеновские лучи, имея разную интенсивность, вызывают фотохимическую реакцию в различной мере, следовательно, негатив будет иметь различную плотность. В местах, где толщина изделия была меньшей или где имелись раковины, пустоты или включения веществ с меньшей плотностью, ослабление рентгеновских лучей будет меньше, а плотность негатива или его по чернение – больше. Различие плотностей воспроизводит картину неоднородности материала.

Схема получения рентгеновского снимка показана на рисунке 5.1.

Рентгеновская трубка 1 (источник рентгеновских лучей) укрепляется на специальном штативе, устанавливается против проверяемого места так, чтобы рентгеновские лучи падали на контролируемую поверхность. Проходя через поверхность 2, и частично поглотившись в нем, они действуют на пленку 3, находящуюся в кассете с противоположной стороны изделия. 4 – флюоресцирующий экран; 5 – кассета; 6 – свинцовая защита

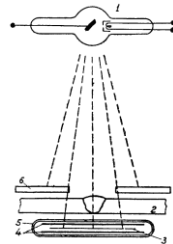


Рисунок 5.1 – Схема получения рентгеновского снимка: рентгеновская трубка; 2 – изделие; 3 – рентгеновская пленка; 4 – флюоресцирующий экран; 5 – кассета; 6 – свинцовая защита

Так как расстояние от трубки до пленки во много раз больше расстояния от пленки до инородных включений, то на пленке получаем изображение этих включений, близкое к натуральной величине, в виде почернений различной плотности.

На рентгеновских снимках обнаруживаются следы от непроваров, шлаковых включений, незаваренных кратеров.

Таблица 5.1 – Данные о дефектах швов

Тип дефекта	Условное обозначение	Схематическое изображение дефекта		Заключение о годности шва
		в сечении	в плане	
1	2	3	4	5
Поры en gas pore fr soufflure sphéroïdale	(2014)	 2012	 2014	наибольший из размеров пор в процентном отношении к толщине стенки трубы не превышает 20% при расстоянии между сосед

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата
Инав. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инав. № дубл.	Подпись и дата

1	2	3	4	5
				ними порами не менее 3 толщин стенки; 15% при расстоянии между соседними порами не менее 2 толщин стенки; 10% при расстоянии между соседними порами менее 2 толщин стенки, но не менее 3-кратного размера поры; 10% при расстоянии между соседними порами менее 3-кратного размера поры на участках общей длиной не более 30 мм на 500 мм шва.

ВЫВОДЫ:

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата

Лабораторная работа № 6 ПРОБА НА ЗАГИБ

Цель и содержание работы. Целью работы является практическое ознакомление с методикой контроля сварного шва методом пробы на загиб, определения пластичности наплавленного металла, влияния покрытия электрода на качество наплавленного металла. Содержание работы заключается в анализе свойств сварного шва данным методом.

Теоретическое обоснование

По снятому после испытания образцу измеряют угол изгиба.

Испытание образцов может производиться на механическом, гидравлическом или ручном винтовом прессе (без измерения усилия) со скоростью деформации не более 15 мм/мин.

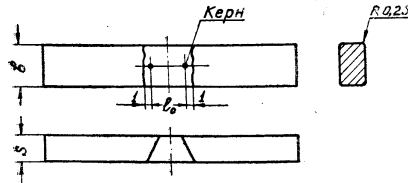


Рисунок 6.1 – Образец для испытания на загиб

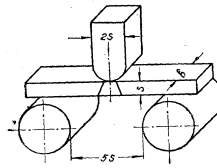


Рисунок 6.2 – Схема испытания на загиб

- 1 Образцы, вырезанные из стыковых сварных соединений, выполненных различными электродами и дающие при испытании различные углы загиба.
- 2 Пресс и приспособление для испытания образцов.
- 3 Водный раствор азотной кислоты (25%) или персульфат аммония (10%).
- 4 Кернер и молоток.
- 5 Гибкая линейка, транспортер.
- 6 Специальный материальный шаблон.

Методика обработки опытных данных

1. Выполняется эскиз образца с указанием его размеров.
2. Производится описание образца с указанием вида сварки (тип электрода, марка обмазки), места и причины появления трещины.
3. Определяется относительное удлинение по формуле:
$$\delta = [(l_1 - l_0) / l_0] \cdot 100\%$$
где l_0 и l_1 – расстояние между кернами соответственно до испытания и после испытания.
4. При хрупком разрушении образца описывается место разрушения.
5. Делаются выводы о качестве сварных швов и испытанных образцов.

ВЫВОДЫ:

Инь. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инь. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Лист
------	------	--------	---------	------	------

Список использованных источников

- 1 Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.П. Технология и оборудование. / Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: МГТУ им. Баумана, 1997.– 574 с.
- 2 Хренов К.К. Сварка, резка и пайка металлов. – М: Машиностроение, 1973. – 408с.
- 3 Технология электрической сварки плавлением. / Под редакцией Б.Е. Патона. – Киев-М.: Машгиз, 1971.
- 4 Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – Киев: Вища школа, 1976.
- 5 Алексеев Ю.Е., Кушнарев Л.Н. Оборудование для дуговой сварки под флюсом. – Л.: Энергия 1977.
- 6 Алешин Н.П. Контроль качества сварных работ. – М.: Высшая школа, 1986.
- 7 Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги. – М.: Высшая школа, 1982.
- 8 Маслов В.И. Сварочные работы. – М.: Академия, 1998.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	
					Лист
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	